

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-229237

(43) 公開日 平成10年(1998) 8月25日

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

F I

H 0 1 S 3/10

H 0 1 S 3/10

Z

審査請求 有 請求項の数38 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願平9-324699

(22) 出願日 平成9年(1997)11月26日

(31) 優先権主張番号 特願平8-329802

(32) 優先日 平8(1996)12月10日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72) 発明者 藤田 正幸

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(72) 発明者 佐伯 美和

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

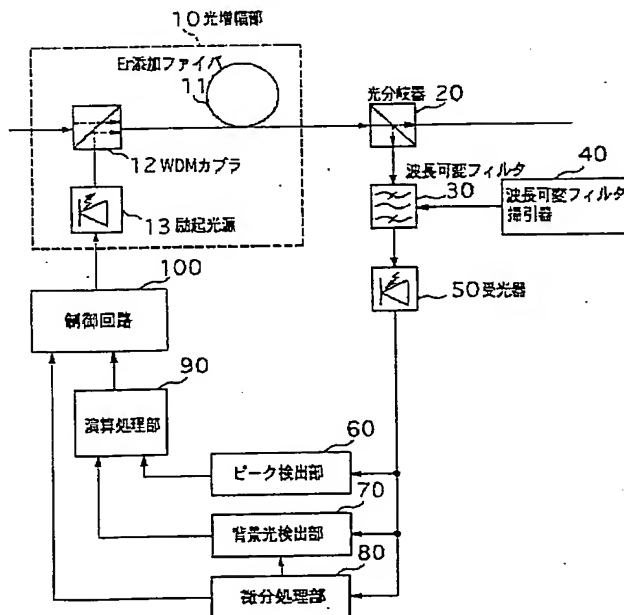
(74) 代理人 弁理士 京本 直樹 (外2名)

(54) 【発明の名称】 光増幅装置並びに光増幅器利得制御方法及び装置

(57) 【要約】

【課題】 自然放出光の影響を受けずに信号光の出力制御を行えるようにし、また信号光と自然放出光を高精度に測定して雑音指数を正確に算出する。

【解決手段】 信号光を増幅して増幅光信号を出力する光増幅器において、増幅信号光の一部を分岐し分岐光のうちの特定波長の成分を波長可変フィルタによって抽出した後透過中心波長を掃引する。掃引された光を受光器で電気信号に変換しこれを微分してピーク検出し、一方電気信号から増幅光信号の背景光のレベルを検出し自然放出光レベルを検出し、演算処理部においてピークレベルと自然放出光レベルのレベル差により信号光レベルを検出する。このレベル差に基づいて上記光増幅器を制御する。また、ピーク検出により信号光が検出されないときは、光増幅器を停止させる。自然放出光レベルから雑音指数を算出することができる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 入力光信号を増幅して増幅光信号を出力する光増幅回路と、

前記増幅光信号が入力され、前記増幅光信号のうち前記入力光信号に対する増幅出力成分である信号光レベルを検出する光フィルタと、

該信号光レベルに基づいて前記光増幅回路の利得を制御する第1の制御回路とを備えていることを特徴とする光増幅装置。

【請求項2】 前記光フィルタが、

前記増幅光信号が入力され、透過光波長が掃引され、第1のフィルタ出力信号を出力する第1の波長可変フィルタと、

該第1のフィルタ出力信号を用いて、前記増幅光信号のうち前記入力光信号に対する増幅出力成分である前記信号光レベルを検出する第1の信号光検出回路とを備えていることを特徴とする請求項1記載の光増幅装置。

【請求項3】 前記第1の信号光検出回路は、

前記第1のフィルタ出力信号の第1のピーク光レベルを検出する第1のピーク検出回路と、

前記第1のフィルタ出力信号の第1の背景光レベルを検出する第1の背景光検出回路とを備えていることを特徴とする請求項2記載の光増幅装置。

【請求項4】 請求項3記載の光増幅装置であって、前記光増幅装置は、さらに、

前記第1のフィルタ出力信号を微分して第1の微分信号を出力する第1の微分処理回路と、

前記第1の微分信号から前記入力光信号に対する増幅出力成分の有無を判定する信号光判定回路と、

前記第1のピーク光レベルと第1の背景光レベルの差により前記信号光レベルを検出する第1の演算処理回路とを備えていることを特徴とする請求項3記載の光増幅装置。

【請求項5】 請求項4記載の光増幅装置であって、前記光増幅装置は、さらに、

前記信号光判定回路による信号光有無の判定結果に基づいて、前記入力光信号に対する増幅出力成分がない場合には、光増幅回路の動作を停止させる光増幅停止回路を備えていることを特徴とする請求項4記載の光増幅装置。

【請求項6】 請求項1乃至請求項5のいずれかの請求項に記載された光増幅装置であって、前記光増幅装置は、さらに、

前記入力光信号に対する増幅出力成分のレベルが一定となるように、光増幅回路の出力を制御する光増幅制御回路を備えていることを特徴とする請求項1乃至請求項5のいずれかの請求項に記載された光増幅装置。

【請求項7】 請求項3乃至請求項6のいずれかの請求項に記載された光増幅装置であって、前記光増幅装置は、さらに、

前記入力光信号が入力され、透過光波長が掃引され、第2のフィルタ出力信号を出力する第2の波長可変フィルタと、

該第2のフィルタ出力信号を用いて、前記入力光信号レベルを検出する第2の信号光検出回路と、

前記第2のフィルタ出力信号を微分して第2の微分信号を出力する第2の微分処理回路と、

前記第2の微分信号から前記入力信号光の有無を判定する入力信号光判定回路とを備えていることを特徴とする請求項3乃至請求項6のいずれかの請求項に記載された光増幅装置。

【請求項8】 請求項7記載の光増幅装置であって、前記第2の信号光検出回路は、

前記第2のフィルタ出力信号のピーク光レベルを検出する第2のピーク検出回路と、

前記第2のフィルタ出力信号から第2の背景光レベルを検出する第2の背景光検出回路とを備えていることを特徴とする請求項7記載の光増幅装置。

【請求項9】 請求項8記載の光増幅装置であって、前記光増幅装置は、さらに、

前記入力光信号レベルと前記第2の背景光レベルの差を出力する第2の演算処理回路とを備えていることを特徴とする請求項8記載の光増幅装置。

【請求項10】 前記制御回路は、さらに、前記第2の信号光検出回路の出力が入力され、前記光増幅回路へ入力される信号光の信号光レベルと前記増幅信号光のレベルとの比から前記光増幅回路の利得を算出し、該利得が一定となるように前記光増幅回路を制御する光増幅制御回路を含んでいる請求項7乃至請求項9のいずれかの請求項に記載された光増幅装置。

【請求項11】 請求項7乃至請求項10のいずれかに記載された光増幅装置であって、前記光増幅装置は、さらに、

前記利得と、前記第1の背景光レベルから雑音指数を算出する雑音指数算出回路を備えていることを特徴とする請求項7乃至請求項10のいずれかの請求項に記載された光増幅装置。

【請求項12】 請求項7乃至請求項11のいずれかの請求項に記載された光増幅装置であって、前記光増幅装置は、さらに、

第2の微分処理回路における入力信号光の有無の判定結果に基づいて、入力信号光がない場合には、前記光増幅回路を停止させる光増幅停止回路を備えていることを特徴とする請求項7乃至請求項11のいずれかの請求項に記載された光増幅装置。

【請求項13】 請求項7乃至請求項12のいずれかの請求項に記載された光増幅装置であって、前記光増幅装置は、さらに、前記第1の微分処理回路および前記第2の微分処理回路における入力信号光の有無および増幅信号光の有無のそ

れぞれの判定結果に基づき、入力信号光または増幅信号光がない場合には、前記光増幅回路を停止させる光増幅停止回路を備えていることを特徴とする請求項 7 乃至請求項 12 のいずれかの請求項に記載された光増幅装置。

【請求項 14】 請求項 7 乃至請求項 13 のいずれかの請求項に記載された光増幅装置であって、前記光増幅装置は、さらに、前記第 1 の微分処理回路および前記第 2 の微分処理回路における入力信号光の有無および増幅信号光の有無のそれぞれの判定結果に基づき、入力信号光があつて増幅信号光がない場合には、前記光増幅回路を停止させる光増幅停止回路を備えていることを特徴とする請求項 7 乃至請求項 13 のいずれかの請求項に記載された光増幅装置。

【請求項 15】 前記第 1 の波長可変フィルタが、誘電体多層膜を用いた干渉膜フィルタを含んでいることを特徴とする請求項 2 乃至請求項 14 のいずれかの請求項に記載された光増幅装置。

【請求項 16】 前記第 1 の波長可変フィルタが、フアブリペロー干渉計を含んでいることを特徴とする請求項 2 乃至請求項 14 のいずれかの請求項に記載された光増幅装置。

【請求項 17】 前記第 1 の波長可変フィルタが、導波路を含んでいることを特徴とする請求項 2 乃至請求項 14 のいずれかの請求項に記載された光増幅装置。

【請求項 18】 前記第 1 の波長可変フィルタが、ファイバグレーティングを含んでいることを特徴とする請求項 2 乃至請求項 14 のいずれかの請求項に記載された光増幅装置。

【請求項 19】 前記光増幅回路が、希土類元素を添加した光ファイバを増幅媒体とする光ファイバ増幅器を含んでいることを特徴とする請求項 2 乃至請求項 18 のいずれかの請求項に記載された光増幅装置。

【請求項 20】 前記光増幅回路が、半導体の誘導放出現象を利用する半導体光増幅器を含んでいることを特徴とする請求項 2 乃至請求項 18 のいずれかの請求項に記載された光増幅装置。

【請求項 21】 制御対象である光増幅器の出力である増幅光信号から、入力光信号に対する増幅出力成分である信号光レベルを検出する、信号光レベル検出工程と、該信号光レベルに基づいて前記光増幅手段の利得を制御する、利得制御工程とを備えていることを特徴とする光増幅器利得制御方法。

【請求項 22】 前記信号光レベル検出工程は、前記増幅光信号を光波長に関しスペクトル分析する第 1 の分析工程と、

該第 1 の分析工程の結果得られる増幅信号光スペクトルから信号光レベルを検出する工程とを備えていることを特徴とする請求項 21 記載の光増幅器利得制御方法。

【請求項 23】 前記光増幅器利得制御方法は、さら

に、

前記第 1 の分析工程の結果得られる信号から前記増幅出力成分の有無を判定し、前記増幅出力成分が無い場合は前記光増幅器をシャットダウンする工程を備えていることを特徴とする請求項 22 記載の光増幅器利得制御方法。

【請求項 24】 請求項 23 記載の光増幅器利得制御方法であって、前記光増幅器利得制御方法は、さらに、前記入力光信号のパワーを検出し、前記増幅出力成分のパワーを用いて前記光増幅器の利得を算出し、該利得が予め定められた一定値となるよう前記光増幅手段の利得を制御する工程を備えていることを特徴とする請求項 23 記載の光増幅器利得制御方法。

【請求項 25】 請求項 24 記載の光増幅器利得制御方法であって、前記光増幅器利得制御方法は、さらに、前記入力光信号の有無を検出し、前記入力光信号が有り、前記増幅出力成分が無い場合には前記光増幅器をシャットダウンする工程を備えていることを特徴とする請求項 24 記載の光増幅器利得制御方法。

【請求項 26】 制御対象である光増幅器から出力される増幅光信号が入力され、前記増幅光信号のうち前記入力光信号に対する増幅出力成分である信号光レベルを検出する光フィルタと、該信号光レベルに基づいて前記光増幅手段の利得を制御する第 1 の制御回路とを備えていることを特徴とする光増幅器利得制御装置。

【請求項 27】 前記光フィルタは、前記増幅光信号が入力され、透過光波長が掃引され、第 1 のフィルタ出力信号を出力する第 1 の波長可変フィルタと、

該第 1 のフィルタ出力信号を用いて、前記増幅光信号のうち前記入力光信号に対する増幅出力成分である前記信号光レベルを検出する第 1 の信号光検出回路とを備えていることを特徴とする請求項 26 記載の光増幅器利得制御装置。

【請求項 28】 前記第 1 の信号光検出回路は、前記第 1 のフィルタ出力信号の第 1 のピーク光レベルを検出する第 1 のピーク検出回路と、前記第 1 のフィルタ出力信号の第 1 の背景光レベルを検出する第 1 の背景光検出回路とを備えていることを特徴とする請求項 27 記載の光増幅器利得制御装置。

【請求項 29】 請求項 28 記載の光増幅器利得制御装置であって、前記光増幅器利得制御装置は、さらに、前記第 1 のフィルタ出力信号を微分して第 1 の微分信号を出力する第 1 の微分処理回路と、前記第 1 の微分信号から前記入力光信号に対する増幅出力成分の有無を判定する信号光判定回路と、前記第 1 のピーク光レベルと第 1 の背景光レベルの差により前記信号光レベルを検出する第 1 の演算処理回路とを備えていることを特徴とする請求項 28 記載の光増幅

器利得制御装置。

【請求項 30】 請求項 29 記載の光増幅器利得制御装置であって、前記光増幅器利得制御装置は、さらに、前記信号光判定回路による信号光有無の判定結果に基づいて、前記入力光信号に対する増幅出力成分がない場合には、光増幅回路の動作を停止させる光増幅停止回路を備えていることを特徴とする請求項 29 記載の光増幅器利得制御装置。

【請求項 31】 請求項 27 乃至請求項 30 のいずれかの請求項に記載された光増幅器利得制御装置であって、前記光増幅器利得制御装置は、さらに、前記入力光信号に対する増幅出力成分のレベルが一定となるように、光増幅回路の出力を制御する光増幅制御回路を備えていることを特徴とする請求項 27 乃至請求項 30 のいずれかの請求項に記載された光増幅器利得制御装置。

【請求項 32】 請求項 28 乃至 31 のいずれかの請求項に記載された光増幅器利得制御装置であって、前記光増幅器利得制御装置は、さらに、前記入力光信号が入力され、透過光波長が掃引され、第 2 のフィルタ出力信号を出力する第 2 の波長可変フィルタと、該第 2 のフィルタ出力信号を用いて、前記入力光信号レベルを検出する第 2 の信号光検出回路と、前記第 2 のフィルタ出力信号を微分して第 2 の微分信号を出力する第 2 の微分処理回路と、前記第 2 の微分信号から前記入力信号光の有無を判定する入力信号光判定回路とを備えていることを特徴とする請求項 28 乃至請求項 31 のいずれかの請求項に記載された光増幅器利得制御装置。

【請求項 33】 請求項 32 記載の光増幅器利得制御装置であって、前記第 2 の信号光検出回路は、前記第 2 のフィルタ出力信号のピーク光レベルを検出する第 2 のピーク検出回路と、前記第 2 のフィルタ出力信号から第 2 の背景光レベルを検出する第 2 の背景光検出回路とを備えていることを特徴とする請求項 32 記載の光増幅器利得制御装置。

【請求項 34】 請求項 33 記載の光増幅器利得制御装置であって、前記光増幅器利得制御装置は、さらに、前記入力光信号レベルと前記第 2 の背景光レベルの差を出力する第 2 の演算処理回路とを備えていることを特徴とする請求項 33 記載の光増幅器利得制御装置。

【請求項 35】 前記制御回路は、さらに、前記信号光検出回路の出力が入力され、前記光増幅回路へ入力される信号光の信号光レベルと前記増幅信号光のレベルとの比から前記光増幅回路の利得を算出し、該利得が一定となるように前記光増幅回路を制御する光増幅制御回路を含んでいることを特徴とする請求項 32 乃至請求項 34 のいずれかに記載された光増幅器利得制御装置。

【請求項 36】 請求項 32 乃至請求項 35 のいずれかの請求項に記載された光増幅器利得制御装置であって、前記光増幅器利得制御装置は、さらに、第 2 の微分処理回路における入力信号光の有無の判定結果に基づいて、入力信号光がない場合には、前記光増幅回路を停止させる光増幅停止回路を備えていることを特徴とする請求項 32 乃至請求項 35 のいずれかの請求項に記載された光増幅器利得制御装置。

【請求項 37】 請求項 32 乃至請求項 36 のいずれかの請求項に記載された光増幅器利得制御装置であって、前記光増幅器利得制御装置は、さらに、前記第 1 の微分処理回路および前記第 2 の微分処理回路における入力信号光の有無および増幅信号光の有無のそれぞれの判定結果に基づき、入力信号光または増幅信号光がない場合には、前記光増幅回路を停止させる光増幅停止回路を備えていることを特徴とする請求項 32 乃至請求項 36 のいずれかの請求項に記載された光増幅器利得制御装置。

【請求項 38】 請求項 32 乃至請求項 37 のいずれかの請求項に記載された光増幅器利得制御装置であって、前記光増幅器利得制御装置は、さらに、前記第 1 の微分処理回路および前記第 2 の微分処理回路における入力信号光の有無および増幅信号光の有無のそれぞれの判定結果に基づき、入力信号光があつて増幅信号光がない場合には、前記光増幅回路を停止させる光増幅停止回路を備えていることを特徴とする請求項 32 乃至請求項 37 のいずれかの請求項に記載された光増幅器利得制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、光通信や光情報処理に用いられる光増幅器に関し、特に増幅された信号光のレベルを高精度に一定に保つことのできる光増幅器に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来、光信号を直接増幅する光増幅装置として、コア内部に希土類元素をドープした光ファイバを増幅媒体として使用する光ファイバ増幅器や半導体内部での誘導放出現象を利用した半導体増幅器が知られている。

【0003】 これらの光増幅装置を光伝送の装置などに使用する場合、システムの伝送レベルを一定に維持し伝送特性を安定化させるためには、光増幅装置の信号光出力を一定に維持する必要がある。この為、現在一般に使用されている光ファイバ増幅器では、図 6 に示すように、光増幅部 10 の出力部に光分岐器 20 を挿入し、光出力の一部を分岐して受光器 50 で受光し、受光器 50 の受光レベルが一定となるように励起光源 13 の励起光出力を制御して、光増幅部 10 の光出力が一定となるようにしている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】一般に、光増幅装置では、増幅された信号光を出力すると共に、光増幅媒体内で発生する自然放出光も出力する。この自然放出光が出力光全体に占める割合は入力光レベルによって変化する。

【0005】このため、従来の光ファイバ増幅器のように、単に増幅された出力光をそのまま受光器により受光して制御するという方法では、自然放出光の影響により、出力信号光のレベルを高精度に測定することができない。したがって、受光器の受光レベルが一定となるように光増幅部を正確に帰還制御したとしても、信号光出力レベルを一定に維持することは困難である。この自然放出光の影響を回避する手段として、光分岐器と受光器との間に光フィルタを挿入する手段が考えられるが、信号光と同一波長の自然放出光成分を除去できない為、光フィルタを用いたとしても自然放出光を完全に除去することはできない。

【0006】また、光増幅部に入力される信号光が存在しない場合でも、光増幅部から自然放出光が出力されるため、受光器の受光レベルから信号光の存在有無を検出することができない。このため、光増幅部の入力部に更に光分岐器を挿入し、信号光入力状態を監視する必要がある、光増幅装置を構成する光部品の点数が多くなるという問題点も有している。

【0007】本発明の光増幅装置の目的は、自然放出光に依らず信号光の出力一定制御を精度良く行えるようにすることにある。また、信号光と自然放出光を精度よく測定することにより雑音指数を正確に算出することができる光増幅装置を提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明の光増幅装置は、上記課題を解決するために、信号光を増幅して増幅光信号を出力する光増幅器において、増幅信号光の一部を分岐して分岐増幅光信号を出力する光分岐器と、光分岐器によって分岐された光の特定波長の成分を透過する波長可変フィルタと、波長可変フィルタの透過中心波長を特定波長の範囲で掃引して透過光を出力する掃引器と、透過光を受光して電気信号に変換する受光器とを備えている。さらに、電気信号を微分して微分信号を出力する微分処理部と、電気信号のピークレベルを検出するピーク検出手段と、その電気信号から増幅光信号の背景光のレベルを検出して自然放出光レベルを出力する第1の背景光検出器とをそれぞれ備えている。そして、第1の演算処理部において、第1のピークレベルと第1の自然放出光レベルのレベル差により信号光レベルを検出し、第1の制御回路が第1の微分信号と第1のレベル差に基づいて上記光増幅器を制御することを特徴とする。

【0009】また、本発明の光増幅装置は、さらに微分処理部によって出力される微分信号の時間微分最大値か

ら信号光の存在の有無を判定する信号光判定部と、レベル差により前記増幅光信号のレベルを監視する監視部を備えている。

【0010】さらに、本発明の光増幅装置は、信号光判定部による信号光有無の判定結果に基づいて、信号光がない場合には、上記光増幅器の動作を停止させる機能を備えていることを特徴とする。また、本発明の光増幅装置は上記特徴に加え、さらに、信号光レベルが一定となるように、光増幅器の出力を制御する光増幅制御機能を備えている。

【0011】また、本発明の光増幅装置は、光増幅器の入力側にも電気信号を微分して微分信号を出力する微分処理部と、この電気信号の第2のピークレベルを検出するピーク検出器と、電気信号から信号光の背景光レベルを検出して第2の自然放出光レベルを検出する背景光検出部とを備え、第2のピークレベルと第2の自然放出光レベルのレベル差を出力する第2の演算処理部を備えている。そして、制御回路は、光増幅器へ入力される信号光の信号光レベルと増幅信号光のレベルとの比から光増幅器の利得を算出し、この利得が一定となるように光増幅器を制御することを特徴とする。さらに、本発明の光増幅装置は、上記利得と、第1の自然放出光レベルから雑音指数を算出する雑音指数算出手段を備えている。

【0012】また、微分処理部における入力信号光の有無の判定結果に基づいて、入力信号光がない場合には光増幅器を停止させる光増幅停止機能、あるいは、入力信号光または増幅信号光がない場合に光増幅器を停止させる光増幅停止機能、さらには入力信号光があつて増幅信号光がない場合に光増幅器を停止させる光増幅停止機能を備えていることを特徴とする。

【0013】また、上記波長可変フィルタは、誘電体多層膜を用いた干渉膜フィルタ又は、ファブリペロー干渉計を用いた光フィルタ又は導波路又はファイバグレーティングで構成されていることを特徴とする。

【0014】ここで、光増幅装置の光増幅器が、希土類元素を添加した光ファイバを増幅媒体とする光ファイバ増幅器、又は半導体の誘導放出現象を利用する半導体光増幅器であることを特徴とする。

【0015】

【発明の実施の形態】本発明の光増幅装置の基本構成について、図1を参照して説明する。

【0016】光増幅部10で増幅された出力信号光は、光分岐器20を介して光伝送路に出力される。光分岐器20で分岐された出力信号光は波長可変フィルタ30を介して受光器50へ導かれ、受光器50の出力は並列に接続されたピーク検出部60、背景光検出部70、微分処理部80に入力される。演算処理部90はピーク検出部60出力と背景光検出部70出力との差から出力信号光レベルを算出し、微分処理部80は受光器50出力の時間微分の最大値から信号光有無を判定する。制御回路

100は、演算処理部90出力に基づいて、光増幅部10の出力信号光が一定となるように励起光源13の出力を制御する。また、制御回路100は、信号光の有無を反映した微分処理部80の出力に基づいて、励起光源13の出力を停止して光増幅部10の動作を停止する。

【0017】本発明の光増幅装置の動作を図2を参照して、詳細に説明する。

【0018】図2(a)は、本発明の光増幅装置の光増幅部10に入力される信号光のスペクトラムである。このとき、光増幅部10からは、増幅された信号光 P_s と光増幅部内で発生する自然放光 P_{ase} とが加算された、信号光パワー $P_t (= P_s + P_{ase})$ が出力される(図2(b))。

【0019】光増幅部10の出力光を光分岐器20で分岐して波長可変フィルタ30に導き、掃引器40により波長可変フィルタ30の透過中心波長を掃引すると、受光器50からは、図2(b)のような波長に対する光パワーの変化が、図2(c)に示されるような出力電流の時間変化となって現れる。

【0020】つまり、波長可変フィルタ30の透過中心波長が信号光波長と一致した時には、急峻なピークが現れる。また、波長可変フィルタ30の透過中心波長が信号光波長と一致しない時には、自然放光のみが受光器50に入射され受光器50出力波形の背景レベルとなって現れる。

【0021】微分処理部80は受光器50出力波形を微分する。受光器50出力の微分波形出力は、図2(d)に示されるように、信号光ピーク付近で極大値となる。したがって、微分波形が特定値を越えたかどうかを判定することにより、信号光の有無を判定することができる。判定結果は、微分処理部80から制御回路100に送出される。

【0022】ピーク検出部60では、受光器50出力パワーのピークレベル P_t が測定される(図2(e))。

【0023】背景光処理部70では、図2(e)に示されるように、微分処理部80での極大値検出から特定時間経過後の受光器50出力レベルを測定する。このレベルは、信号光を含まない、信号光波長近傍の背景光すなわち自然放光のレベル P_{ase} に相当する。このピークレベルと背景光レベルが演算処理部90に導かれ、 P_t と P_{ase} から信号光 P_s が算出され制御回路100に入力される。

【0024】次に、本発明の光増幅装置の信号光モニタ部分の構成についてさらに詳細に説明する。図3は、本発明の第1の実施例の構成を示す図である。

【0025】光増幅部10からの信号光が光分岐器20で分岐され波長可変フィルタに導かれる。波長可変フィルタ30の透過波長は、掃引器40により、一定速度 V (nm/s)で特定波長範囲内を掃引される。波長可変フィルタ30を透過した光は受光器50で検出され、受

光器50の出力に接続された微分回路130に入力される。微分回路130は、受光器50の出力を時間微分する。微分回路130出力は、ピーク検出回路131によってそのピーク値が保持され、コンパレータ132に入力される。

【0026】コンパレータ132は、基準値 V_{ref} とピーク検出回路131の出力 V_{peak} とを比較し、 $V_{ref} \leq V_{peak}$ となった場合に論理値1に相当する任意の電圧 V_o を出力し、それ以外の時は0に相当する電圧を出力する。これにより、信号光の有無が判定される。サンプル・ホールド回路133は、掃引器40からの掃引終了信号をサンプル信号として、コンパレータ132の出力を保持する。

【0027】ピーク検出回路131は、掃引器40からの掃引終了信号によりリセットされる。また、サンプル・ホールド回路133への掃引終了信号の入力後に、ピーク検出回路131への掃引終了信号が入力されるように、掃引器40とピーク検出回路131の間には、遅延回路134を挿入している。これにより、信号光の有無の判定結果は、次の掃引期間終了までサンプル・ホールド回路133から出力され、つぎの掃引期間終了時点で更新されることになる。

【0028】背景光検出部70では、コンパレータ132出力をサンプル信号として、サンプル・ホールド回路121により受光器50からの出力を保持する。このとき、コンパレータ132とサンプル・ホールド回路121との間に挿入された遅延回路120での遅延時間を、波長可変フィルタの透過中心波長が信号光波長を通過する時間 t に設定することにより、受光器50出力の背景光レベルをサンプル・ホールド回路121で保持することができる。

【0029】ピーク検出回路110は、受光器50出力のピーク値を検出して保持する。またピーク検出回路110は、掃引器40から掃引終了信号が出力された後、遅延回路111の設定時間だけ遅れてリセットされる。

【0030】差動増幅器140は、ピーク検出回路110の出力 P_t からサンプル・ホールド回路121出力 P_{ase} とを減算し、光分岐器20を通過する純粋な信号光 P_s に対応するレベルを出力する。サンプル・ホールド回路141は掃引器40からの掃引終了信号をサンプル信号として差動増幅器140の出力を保持する。この出力が制御回路100に入力され、そのレベルが一定となるように制御回路100が増幅部10の出力レベルを制御する。

【0031】制御回路100では、差動増幅器142が、サンプル・ホールド回路141の出力を基準電圧(+V)と比較する。差動増幅器142では、基準電圧との誤差を励起光源13に印加する注入電流に変換して出力する。差動増幅器142の出力は、ゲート回路150に入力される。ゲート回路150は、サンプル・ホー

ルド回路133の出力がその制御入力に印加されている。制御入力論理レベル“1”であれば、ゲート回路150への入力をそのまま出力する。一方、制御入力論理レベル“0”であれば、電流出力を0とする。

【0032】尚、電源電圧の変動等により、サンプル・ホールド回路121の出力が掃引期間内で変動した場合に制御回路100による光増幅部10の制御動作が異常となることを防ぐためには、制御回路100の制御の時定数を掃引期間よりも充分長く設定する必要がある。その場合は、本実施例では比例制御のみで構成している制御回路100に積分制御を実現する回路を導入すればよい。

【0033】光増幅部10は、増幅媒体であるEr添加光ファイバ11、WDMカプラ12、および励起光源13を含んで構成されている。光分岐器20は光ファイバ融着型分岐、波長可変フィルタ30は誘電体フィルタをパルスステッピングモータで回転させるもの、掃引器40はステッピングモータを一定速度で回転させるモータ駆動回路、受光器50は3元PINホトダイオードを使用している。

【0034】光増幅部10には中心波長1550nm、20dB抑圧幅が1nmの信号光が入力されている。波長可変フィルタ6の透過中心波長の掃引範囲は1550nmを中心に±5nmの範囲、透過中心波長に対する20dB抑圧帯域幅は1nmである。掃引器40による波長可変フィルタ30の透過中心波長の掃引速度は10nm/sである。

【0035】したがって、この場合の1回の掃引に要する時間Tは、

$$T = (\text{掃引幅 } 10 \text{ nm}) \div (\text{掃引速度 } 10 \text{ nm/s}) = 1 \text{ s}$$

である。また、波長可変フィルタ30の透過中心波長が信号光波長を通過する時間ΔTは、

$$\Delta T = \{ (\text{信号光の } 20 \text{ dB抑圧幅 } 1 \text{ nm}) + (\text{波長可変フィルタの } 20 \text{ dB抑圧帯域幅 } 1 \text{ nm}) \} \div (\text{掃引速度 } 10 \text{ nm/s}) = 0.2 \text{ s}$$

である。上記の値から、制御回路100の時定数を2s、遅延回路131の遅延時間を0.3sとする。

【0036】本実施例では、光増幅部として光ファイバ増幅器を例に説明したが、光半導体増幅器を光増幅部として使用することもできる。

【0037】上述の波長可変フィルタ30としては、誘電体多層膜による干渉膜フィルタを利用したもの以外に、ファブリペロー干渉計を用いた光フィルタを利用したもの、導波路を利用したもの、ファイバグレーティングを利用したもの等を用いることができる。

【0038】掃引器40は、波長可変フィルタ30の透過中心波長を掃引する機能を有するものであり、使用する波長可変フィルタの駆動機構に応じて種々の形態を採り得ることは言うまでもない。例えば、空隙をキャビテ

ィとするファブリペローエタロンの空隙長さを圧電素子で変化させるものにあつては印加電圧調整装置、導波路やファイバグレーティングの温度を電子冷却器により変化させて為る波長可変フィルタでは電子冷却器への通電電流調整装置の形態を採り得る。

【0039】次に、本発明の光増幅装置の第2の実施例を図4を参照して説明する。

【0040】本実施例は、図3に示した光増幅装置に、さらに、光増幅部10の入力部に挿入された光分岐器21と、光分岐器21で分岐された光に含まれる特定波長成分を透過する波長可変フィルタ31と、波長可変フィルタ31の透過波長を特定波長領域で掃引する掃引器41と、波長可変フィルタ31の透過光を受光する受光器51と、受光器51の出力を受けるピーク検出部61、背景光検出部71、微分処理部81と、ピーク検出部61で測定されたピーク光と、背景光検出部71で測定された自然放出光とから入力信号光を算出する演算処理部91とが付加されている。

【0041】光分岐器21は、光増幅部10の入力部に挿入され、光増幅器への入力光を2分岐する。波長可変フィルタ31は、光分岐器21で分岐された光に含まれる特定波長成分を透過する。掃引器41は、波長可変フィルタ31の透過波長を特定波長領域で掃引する。受光器51は、波長可変フィルタ31の透過光を受光し、電気信号に変換する。ピーク検出部61は、受光器51の出力を受け、受光器51への光入力のピークレベルを測定する。背景光検出部71は光増幅器への光入力に含まれる自然放出光パワーを測定する。微分処理部81は、入力光に信号光が含まれているか否かを判別する。演算処理部91は、ピーク検出部61で測定されたピーク光パワーと、背景光検出部71で測定された自然放出光パワーとから入力信号光パワーPinを算出する。

【0042】制御回路101では、演算処理部90および91からそれぞれ出力される出力信号光レベルPoutおよび入力信号光レベルPinに対応した電気信号から光増幅部10の利得Gを算出する。制御回路101は、利得Gを予め定められた一定値とするような励起光源の注入電流を出力する。制御回路101は、微分処理部80、81の出力から、入力光と出力光の両方について、それぞれ信号光が含まれているか否かを検出する。入力光に信号光が含まれ、出力光に信号光が含まれていない場合には、光増幅部10の動作が異常であると判断し、注入電流の出力を遮断する。さらに、制御回路101は、背景光検出部70の出力Paseと利得Gから雑音指数を算出して出力する。制御回路101の構成を図5に示す。入力端子98、94からそれぞれ入力されるPin、Poutは、割算器102に入力される。割算器102は $G = P_{out} / P_{in}$ を計算して出力する。割算器102の出力は、差動増幅器142に入力される。差動増幅器142では、基準電圧+Vと入力電圧と

の誤差を、励起光源 13 に印加する注入電流に変換して出力する。差動増幅器 142 の出力はゲート回路 150 に入力される。ゲート回路 150 は、AND 回路 104 の出力がその制御入力に印加されている。制御入力論理レベル“1”であれば、ゲート回路 150 への入力をそのまま出力する。一方、制御入力論理レベル“0”であれば、電流出力を 0 とする。AND 回路 104 には、入力端子 93 に印加される信号の反転と、入力端子 92 に印加される信号が入力されている。

【0043】制御回路 101 の入力端子 95 から入力される信号 (Pase) は、割算器 102 の出力 (G) と共に割算器 103 に入力される。割算器 103 では、 $Pase/G$ を計算して出力する。光増幅器の雑音指数 (NF) は次の式で表されるため、割算器 103 の出力を、利得 $1/(h \cdot \nu \cdot \Delta f)$ の増幅器 105 に入力することで、NF の値が得られる。NF の値は、出力端子 97 から出力される。

【0044】 $NF = Pase / (h \cdot \nu \cdot \Delta f \cdot G)$
 ここで、 h はプランク定数、 $\nu (= c/\lambda)$ 、 c は光速は信号光周波数、 $\Delta f (= c \cdot \Delta \lambda / \lambda^2)$ 、 $\Delta \lambda$ は波長可変フィルタ 30 の半値幅は波長可変フィルタ 30 の透過帯域幅の周波数換算値、 $G (= P_{out}/P_{in})$ は光増幅部 10 の利得である。

【0045】

【発明の効果】本発明の光増幅装置によれば以下の効果を得ることができる。すなわち、信号光波長における光増幅部出力レベル、および信号光波長近傍の自然放光レベルを測定できるため、これら両者の差分をとって信号光成分のみを検出することができる。これを元に光増幅部の出力を制御することにより、高精度の出力一定制御を行うことができる。

【0046】また、波長可変フィルタを通過して受光器に入力された光の一部を微分処理することで微分出力の大きさから、信号光断検出ができる。さらに、光ファイバ伝送路に挿入されるのは光分岐器のみであるため、光ファイバ伝送路内を伝搬する伝送信号光に対する損失が少ない。光増幅部の出力光をモニタすることで、出力信号光が存在しないときに、光増幅部動作を停止する機能を有する光増幅装置を容易に実現することもできる。

【0047】また、光増幅部の入力側および出力側にそれぞれ光分岐器を挿入して、それぞれの入力光および出力光をモニタすることにより、次の機能を有する光増幅装置を簡易に実現できる。すなわち、入力信号光が存在しない場合に光増幅部動作を停止する機能、入力信号光と出力信号光が含まれ、出力信号に信号光が含まれないことから、光増幅部の動作異常を判定する機能、入力信号光と出力信号光からの利得と信号光近傍の自然放光レベルから雑音指数を算出する機能を備えることも可能であ

る。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の光増幅装置の第 1 の実施例の構成を示すブロック図である。

【図 2】本発明の光増幅装置の動作を表す動作説明図であり、(a) は本発明の光増幅装置に入力される信号光のスペクトラムの一例、(b) は本発明の光増幅装置からの出力光スペクトラムの一例、(c) は本発明の光増幅装置を構成するピーク検出部での出力波形の一例、

(d) は本発明の光増幅装置を構成する微分処理部での動作の一例、(e) は本発明の光増幅装置を構成する背景光検出処理部での出力波形の一例をそれぞれ示している。

【図 3】本発明の光増幅装置の第 1 の実施例の構成を示すブロック図である。

【図 4】本発明の光増幅装置の第 2 の実施例の構成を示すブロック図である。

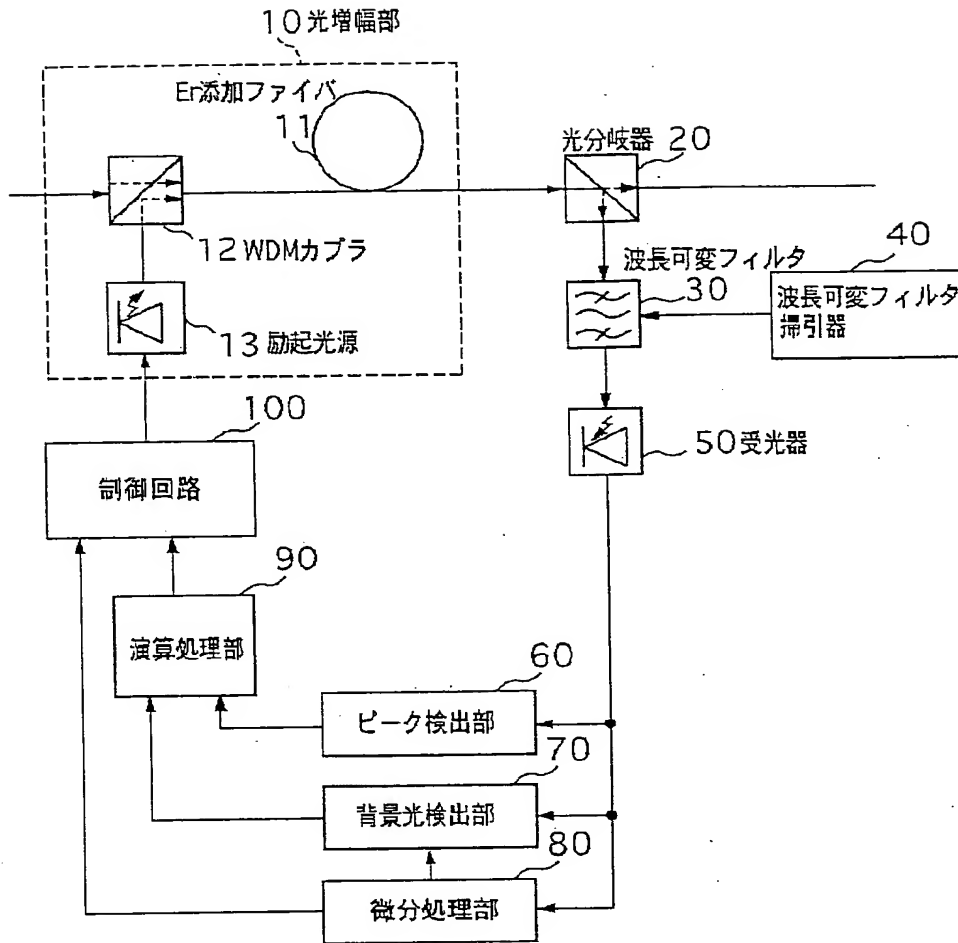
【図 5】本発明の光増幅装置の第 2 の実施例で用いる制御回路 101 の構成を示すブロック図である。

【図 6】従来の光増幅装置の構成を示すブロック図である。

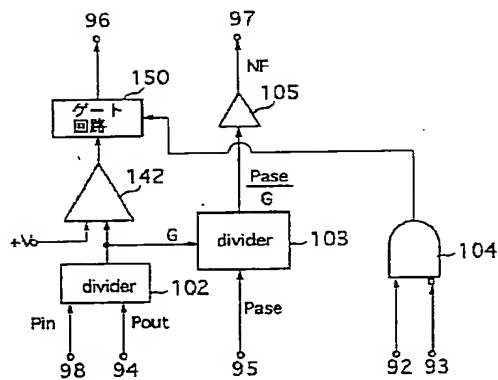
【符号の説明】

10	光増幅部
11	Er 添加ファイバ
12	WDM カプラ
13	励起光源
20, 21	光分岐器
30, 31	波長可変フィルタ
40, 41	掃引器
50, 51	光受光器
60, 61	ピーク検出部
70, 71	背景光検出部
80, 81	微分処理部
90, 91	演算処理部
92, 93, 94, 95, 98	入力端子
96, 97	出力端子
100	制御回路
102, 103	割算器
104	AND 回路
105	増幅器
130	微分回路
110, 131	ピーク検出回路
111, 120, 134	遅延回路
132	コンパレータ
140	差動増幅器
121, 133, 141	サンプル・ホールド回路
142	差動増幅器

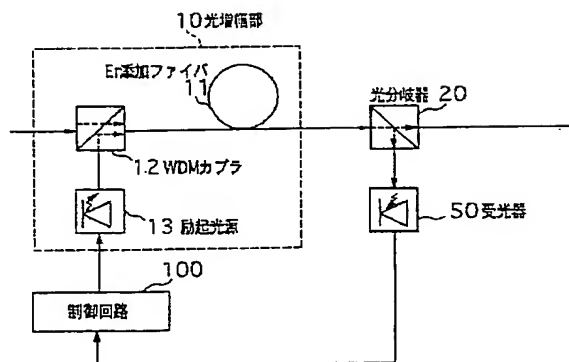
【図 1】



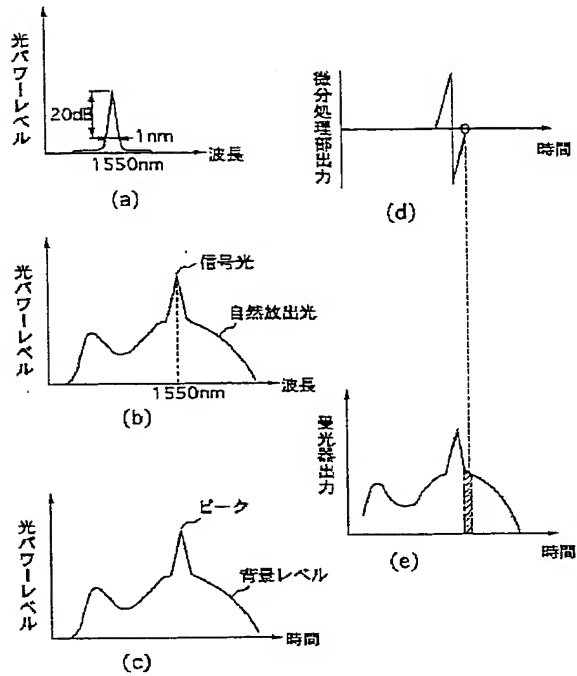
【図 5】



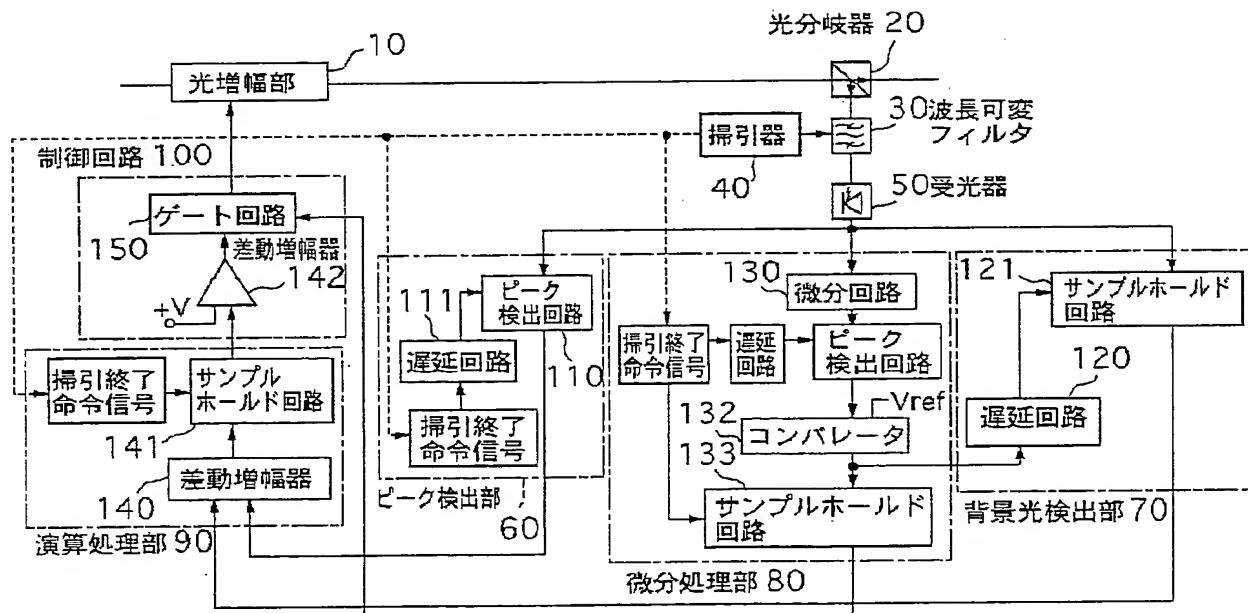
【図 6】



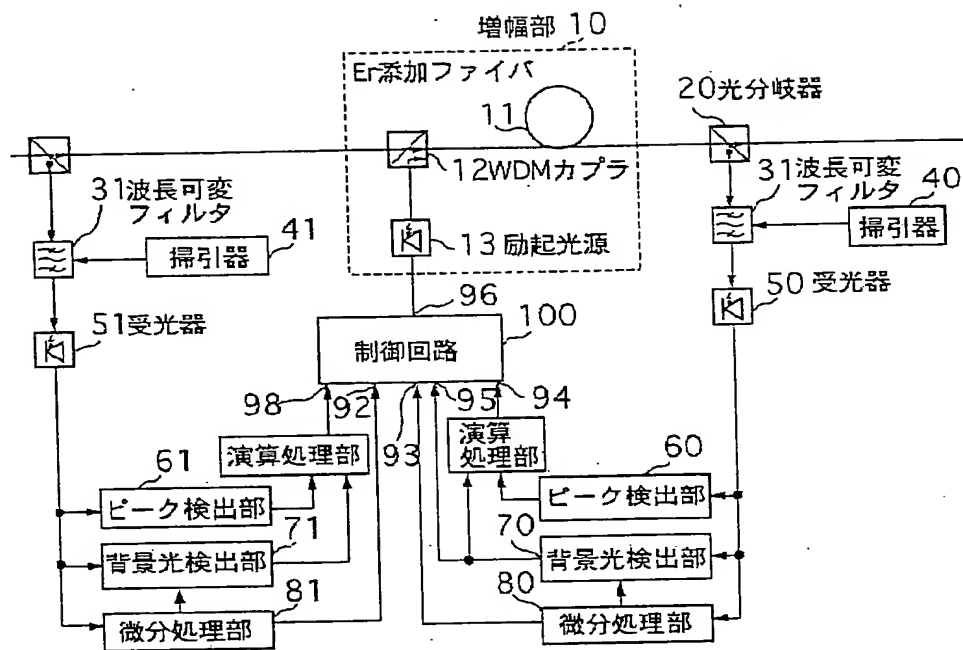
【図2】



【図3】



【図4】



THIS PAGE BLANK (USPTO)